

## **KAJIAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL TIGA LENGAN DAN PENERAPAN MODEL SIMULASI SKENARIO BUKA – TUTUP (STUDI KASUS: PINTU SATU UNHAS DAN ABDESIR KOTA MAKASSAR)**

**Andi Muhammad Ifrad, Lambang Basri Said, Mukhtar Thahir Syarkawi**

Universitas Muslim Indonesia Makassar

Email: ifrad85@gmail.com, lambangbasri.said@umi.ac.id, mukhtartahir.syarkawi@gmail.com

### **Abstrak**

Kota Makassar sebagai salah satu kota yang perkembangannya sangat pesat serta pertumbuhan penduduknya yang tinggi tidak terlepas dari kondisi transportasi yang cukup ramai sehingga menimbulkan berbagai masalah sistem transportasi berupa kemacetan dan tundaan yang besar serta berdampak pada kinerja persimpangan. Analisis kinerja simpang tiga bersinyal pintu satu Universitas Hasanuddin dan Jalan Abd. Daeng Sirua di kota Makassar merupakan penelitian yang menggunakan metode penelitian kuantitatif yaitu melakukan perhitungan data berupa angka dan dianalisis secara statistik. Penelitian ini dianalisis pada saat volume puncak atau Peak Hour dari tiga hari survei. Metodologi yang digunakan pada penelitian persimpangan ini menggunakan metode survei lapangan dan dilakukan pemodelan arus lalu lintas menggunakan komputer yang ditunjang dengan software Vissim. Simpang bersinyal tiga lengan pintu satu Universitas Hasanuddin dan simpang bersinyal tiga lengan Jalan Abdullah Daeng Sirua dari hasil uraian di atas, kinerja simpang bersinyal pintu satu Universitas Hasanuddin, dalam kondisi eksisting memiliki tundaan simpang 19,957 detik/smp pada tingkat pelayanan D. Kapasitas lengan Utara 714, Timur 1839 dan Barat sebesar 3039, derajat kejenuhan arah Utara 0,695, Timur 0,689 dan Barat sebesar 0,692. Sedangkan kinerja simpang jalan Abdullah Daeng Sirua dalam kondisi eksisting memiliki tundaan simpang 44,460 detik/smp dengan tingkat pelayanan E. Kapasitas lengan Selatan 270, Timur 459 dan Barat 580, derajat kejenuhan arah selatan 0,811, Timur 0,780 dan Barat 0,784.

**Kata kunci:** Analisis Kinerja, Simpang Bersinyal Tiga, Skenario Buka – Tutup

<b>How to cite:</b>	Andi Muhammad Ifrad, Lambang Basri Said, Mukhtar Thahir Syarkawi (2023) Kajian Kinerja Simpang Bersinyal Tiga Lengan dan Penerapan Model Simulasi Skenario Buka – Tutup (Studi Kasus: Pintu Satu Unhas dan Abdesir Kota Makassar), (8) 5, <a href="http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6">http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6</a>
<b>E-ISSN:</b>	2548-1398
<b>Published by:</b>	Ridwan Institute

### **Abstract**

*Makassar City as one of the cities whose development is very rapid and its high population growth is inseparable from the conditions of transportation that are quite crowded so that it causes various transportation system problems in the form of congestion and large delays and has an impact on the performance of intersections. Analysis of the performance of the signaled triple intersection of door one of Hasanuddin University and Jalan Abd. Daeng Sirua in Makassar is a research that uses quantitative research methods, namely calculating data in the form of numbers and analyzed statistically. This research was analyzed during the peak volume or peak hour of the three-day survey. The methodology used in this intersection research uses field survey methods and traffic flow modeling is carried out using computers supported by Vissim software. The three-arm signaled intersection of one door of Hasanuddin University and the three-arm signaled intersection of Jalan Abdullah Daeng Sirua from the results described above, the performance of the one-arm signaled intersection of Hasanuddin University, in existing conditions has an interchange delay of 19.957 seconds / junior high school at the service level D. North arm capacity 714, East 1839 and West is 3039, the degree of saturation in the North direction is 0.695, East is 0.689 and West is 0.692. While the performance of the Abdullah Daeng Sirua intersection in existing conditions has an intersection delay of 44.460 seconds / junior high with service level E. The capacity of the South arm is 270, East 459 and West is 580, the degree of saturation is south 0.811, East is 0.780 and West is 0.784.*

**Keywords:** *Performance Analytics, Triple Signaling Interchange, Open-Close Scenario*

### **Pendahuluan**

Kota Makassar sebagai salah satu kota yang perkembangannya sangat pesat serta pertumbuhan penduduknya yang tinggi tidak terlepas dari kondisi transportasi yang cukup ramai sehingga menimbulkan berbagai masalah sistem transportasi berupa kemacetan dan tundaan yang besar serta berdampak pada kinerja persimpangan. (Nugroho & Dwiatmaja, 2020).

Persimpangan yang berada pada pintu satu Universitas Hasanuddin dan salah satu yang berada di jalan Abdullah Daeng Sirua merupakan simpang bersinyal dan terdiri atas tiga lengan, selain dari pada itu, kedua simpang ini secara visualisasi

yakni penghubung antara beberapa titik lokasi kawasan pendidikan serta toko-toko industri (Nugroho & Dwiatmaja, 2020).

Bayangkan saja, simpang yang berada di jalan Abdullah Daeng Sirua ini terdapat Mall serta hotel berkelas dengan kategori bintang lima, sehingga simpang ini tidak lepas dari kata “Kemacetan yang panjang” jika dilihat secara visualisasi, rumaja dan damija yang di berikan tidak sepadan dengan volume lalu lintas yang lewat di persimpangan tersebut. Hal ini yang sangat mempengaruhi kinerja persimpangan di jalan Abdullah Daeng Sirua, sehingga akan menyebabkan tingkat pelayanan simpang yang buruk kemudian akan berdampak pada distribusi kendaraan yang keluar masuk pada persimpangan (Srie Kusumastutie et al., 2020).

Sebagai peneliti serta sebagai pengendara yang sering mengakses persimpangan tersebut, merasa tidak nyaman dengan sarana dan prasarana yang ada pada simpang bersinyal tiga lengan di jalan abdullah daeng sirua. Hal ini dikarenakan rambu lalu lintas pada setiap lengan persimpangan beberapa sudah rusak, bahkan di sisi lengan utara dan barat persimpangan tidak ada sama sekali rambu lalu lintas yang disediakan. Sehingga banyak pengendara yang seakan acuh tak acuh terhadap keselamatannya sendiri, dalam hal ini melanggar rambu lalu lintas, seperti pengendara yang melawan arah, memotong jalur serta mendahului kendaraan dihadapannya tanpa melihat marka jalan. Dengan begitu, simpang ini sangat jauh dari kata “Kelancaran, Aman dan Nyaman” (Srie Kusumastutie et al., 2020).

Kemudian simpang bersinyal yang berada di pintu satu Universitas Hasanuddin. Persimpangan ini adalah akses menuju ke tujuan lembaga-lembaga pemerintahan, instansi swasta dan perkantoran, kawasan berbagai pendidikan, baik itu ditingkat dasar sampai dengan tingkat Universitas serta akses perbelanjaan. Sehingga memiliki aksebilitas tinggi dan tingkat kemacetan antrian panjang saat jam sibuk. Disisi lain, simpang ini terdapat stasiun pengisian bahan bakar pada lengan selatan. Sehingga panjangnya antrian simpang serta tundaannya sangat terpengaruhi oleh para pengendara yang ingin mengisi bahan bakar serta yang melewati persimpangan tersebut (Nugroho & Dwiatmaja, 2020).

Secara visualisasi serta dilihat dari segi eksisting persimpangan ini, simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu satu Universitas Hasanuddin sarana dan prasarana yang diberikan sama dengan persimpangan yang berada di jalan Abdullah daeng sirua. Sebagai peneliti serta sebagai pengendara yang sering mengakses persimpangan tersebut, merasa tidak nyaman dengan sarana dan prasarana yang ada pada simpang bersinyal tiga lengan yang berada tepat di depan pintu satu Universitas Hasanuddin. Hal ini dikarenakan rambu lalu lintas untuk setiap lengan persimpangan sudah rusak sehingga pengendara banyak yang tidak melihat rambu lalu lintas tersebut. Akibatnya banyak pengendara dengan berbagai karakteristik melanggar rambu lalu lintas. (Srie Kusumastutie et al., 2020).

Bayangkan saja, simpang ini berada pada sub pelayanan pusat kota dengan kombinasi kawasan pendidikan yang dibuktikan dengan lokasi persimpangan ini tepat di depan akses keluar masuk Mahasiswa, staff serta seluruh perangkat perguruan tinggi. Secara statistik, hasil penelitian kecelakaan lalu lintas menurut badan kesehatan dunia WHO (World Health Organization) dinilai menjadi pembunuh terbeasr ketiga, di bawah penyakit jantung koroner dan tubercolosis (TBC). Data WHO tahun 2011 menyebut, sebanyak 67 persen korban kecelakaan lalu lintas berada pada usia produktif, yakni 22-50 tahun. Kemudian menurut data riset Diklat Jurnalistik XII LPM Psikogenesis menyebutkan bahwa terjadi kenaikan dan penurunan jumlah korban jiwa kasus kecelakaan lalu lintas di kota Makassar tiap tahunnya. Dari data yang didapatkan korban kecelakaan yang menderita luka ringan paling banyak ditemukan, yaitu sebanyak 4.537 Orang, disusul luka berat sebanyak 1.231 orang dan kemudian mati di tempat sebanyak 542 orang (Jurnalistik XII LPM Psikogenesis, 2019).

Sehingga peran akademisi dalam hal ini mencari solusi terbaik pada kedua persimpangan ini agar jauh dari kata kemacetan, konflik yang panjang serta kepadatan dan tidak lupa akan keselamatan pengendara lalu lintas khususnya yang melewati kedua persimpangan tersebut dengan melakukan riset, evaluasi, serta langkah yang tepat, cepat dan akurat dengan melakukan analisis yang didasari dengan sumber-sumber yang kuat juga mencari alternatif berupa skenario agar kedua persimpangan ini tidak lepas dari tujuan awal penelitian (Srie Kusumastutie et al., 2020).

Dengan menggunakan panduan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997, yang bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal ini mencakup kapasitas, derajat kejenuhan tundaan dan tingkat pelayanan kemudian hasil dari analisis tersebut nantinya akan dilakukan beberapa skenario berupa sistem buka tutup pada jam – jam terpadat di kedua simpang tersebut. Setelah itu skenario tersebut di sajikan secara animasi dengan menggunakan software PTV Vissim yang mampu memodelkan dan mensimulasikan pergerakan distribusi kendaraan serta pengaplikasian skenario berupa sistem buka – tutup yang diharapkan kemudian dapat memperbaiki sirkulasi kendaraan yang melewati simpang tersebut menimbang dari kedua persimpangan itu berada pada kawasan pendidikan serta banyaknya toko industri yang padat demi mendukung kebutuhan kegiatan masyarakat yang melewati persimpangan tersebut (Tamam et al., 2016).

Dari permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya serta melihat pentingnya simpang ini sebagai akses dan jaringan lalu lintas yang merupakan kawasan pendidikan, maka penulis mengangkat judul “Analisis Penerapan Model Skenario Buka – Tutup Pada Simpang Bersinyal Tiga Lengan Berdasarkan Vissim Dan Mkji (Studi Kasus Simpang Tiga Lengan Pintu Satu UNHAS Dan Simpang Tiga Lengan Abd. Daeng Sirua”.

### **Metode Penelitian**

Analisis kinerja simpang tiga bersinyal pintu satu Universitas Hasanuddin dan Jalan Abd. Daeng Sirua di kota Makassar merupakan penelitian yang menggunakan metode penelitian kuantitatif yaitu melakukan perhitungan data berupa angka dan dianalisis secara statistik. Penelitian ini dianalisis pada saat volume puncak atau Peak Hour dari tiga hari survei. Metodologi yang digunakan pada penelitian persimpangan ini menggunakan metode survei lapangan dan dilakukan pemodelan arus lalu lintas menggunakan komputer yang ditunjang dengan software Vissim (Ginanjari & Farida, 2019).

Lokasi penelitian terletak pada persimpangan pintu 1 universitas Hasanuddin di jalan Perintis Kemerdekaan dan persimpangan bersinyal tiga lengan Jl. Abdullah Daeng Sirua – Jl. Adyaksa Baru, Kota Makassar Sulawesi Selatan. Pemanfaatan lahan disekitar persimpangan merupakan kawasan pendidikan, foodcourt, industri serta berbagai toko alat tulis kantor.

Pada proses pengambilan data, survey dilakukan langsung dilapangan, pada titik pengamatan yang sudah ditentukan sebelumnya yang sesuai dengan tujuan penelitian ini. Dalam proses pengambilan data ini, diperlukan 6 (enam) orang surveyor, 4 (empat) orang bertugas untuk menghitung volume lalu lintas dan 2 (dua) orang bertugas untuk menghitung waktu tempuh dan jarak tempuh kendaraan (menggunakan *Stopwatch*).

## Hasil dan Pembahasan

### A. Analisis Kinerja Simpang dengan Menggunakan Metode MKJI 1997

Langkah A-1 data masukan: geometrik, Pengaturan Lalu lintas, dan Kondisi Lingkungan sebagaimana yang terdapat pada gambar desain fase dan geometrik simpang serta di perjelas pada tabel geometrik untuk kondisinya sebagai data masukan.

Langkah A-2 Kondisi Arus Lalu Lintas, dimasukkan data volume pada jam puncak dengan distribusi jenis kendaraan untuk pergerakan pada masing-masing arah. Untuk data arus lalu lintas pada penelitian ini telah disajikan dalam satuan smp/jam sebagaimana yang telah terangkum (Analisis Volume Lalu Lintas) untuk dianalisis lebih lanjut, dan dapat dilihat pada tabel berikut.

Kemudian dari hasil analisis yang diperoleh rasio belok kanan ( $P_{RT}$ ) ditentukan dari total arus kendaraan belok kanan ( $Q_{RT}$ ), dan total arus kendaraan ( $Q_{total}$ ). sedangkan Rasio Belok Kiri ( $P_{LT}$ ) ditentukan dari total arus kendaraan belok kiri ( $Q_{LT}$ ), dan total arus kendaraan ( $Q_{total}$ ) dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$P_{RT} = Q_{RT} / Q_{TOTAL}$$

$$P_{LT} = Q_{LT} / Q_{TOTAL}$$

Sebagai contoh untuk pendekat utara sebagai berikut:

$$P_{RT} = 173 / 292$$

$$= 0,60$$

$$P_{LT} = 122 / 292$$

$$= 0,42$$

Adapun untuk hasil dari masing-masing pendekat, dapat dilihat pada tabel berikut

Langkah B Penggunaan Signal: Penentuan Fase Signal, fase yang digunakan sama dengan desain fase yang diperoleh pada langkah A 1 dan 2, dengan kata lain tidak ada perubahan rencana fase sinyal dari yang digambarkan pada langkah tersebut.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka waktu merah semua untuk masing-masing fase ditentukan sebesar 1 detik untuk fase 1, 3 detik untuk fase 2 dan 3. Adapun asumsi waktu kuning untuk masing-masing fase adalah sebesar 2 detik per fase, karena panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas pada simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin adalah 2,0 detik, jadi waktu kuning total adalah  $2 \times 3 \text{ fase} = 6 \text{ detik}$ .

Waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau, dari nilai yang diperoleh sebagai berikut:

$$LTI = \sum(\text{Merah Semua} + \text{Kuning})$$

$$= \sum IG_i = (3 + 3 + 1 + 2) + 6 \text{ detik}$$

$$LTI = 15 \text{ Detik}$$

Langkah B-2 penentuan waktu sinyal: Tipe Pendekat, untuk pendekat Utara, timur, dan Barat semua digolongkan sebagai tipe atau jenis pendekat terlindung (P).

Langkah B-3: Lebar pendekat efektif, untuk pendekat Utara dan Barat menggunakan prosedur analisis untuk pendekat adanya belok kiri langsung (LTOR)

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Tiga Lengan Pintu Satu Unhas Dan Simpang Tiga Lengan Abd. Daeng Sirua Serta Penerapan Model Simulasi Berupa Skenario Buka – Tutup Berdasarkan Vissim Dan Mjki

sedangkan untuk pendekat Timur tanpa LT/LTOR. Lebar pendekat efektif dipilih nilai minimum dari (WA) dan W masuk. Pada penelitian ini lebar pendekat diasumsikan sama dengan lebar masuk sehingga lebar pendekat sama dengan lebar pendekat efektif. jadi lebar pendekat efektif dipilih dari nilai minimum antara WA dan Wmasuk.

Langkah B-4: Arus Jenuh Dasar, digunakan rumus  $SO = (600 \times W_e)$  smp/jam. Faktor Penyesuaian ukuran kota (FCS) berdasarkan pada ukuran penduduk dan kota sebanyak 1,4 juta jiwa. Sebagai contoh yang diambil adalah pendekat adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} SO &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 4,9 \\ &= 2940 \text{ smp/Jam} \end{aligned}$$

Lingkungan Jalan adalah komersial (COM) dengan hambatan samping sedang dan tipe fase terlindung. Maka rasio kendaraan tak bermotor = 0,01 dapat dilihat pada gambar faktor penyesuaian hambatan samping (FSF) berikut.

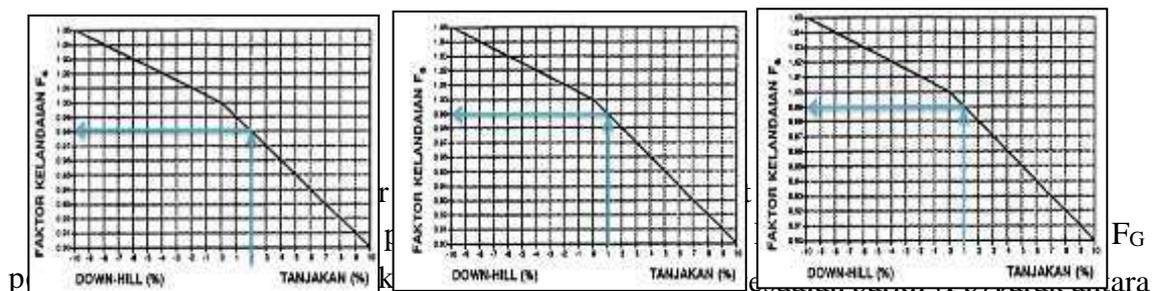
Rasio UM 0,0	=	0,94,	UM 0,05	=	0,92
0,00	=	0,94			
0,01	=	x			
0,05	=	0,92			

Karena nilai 0,01 tidak ada di dalam syarat UM untuk hambatan samping, maka menggunakan Interpolasi untuk mendapatkan nilai 0,01

$$\frac{0,05 - 0,00}{0,01 - 0,00} = \frac{0,92 - 0,94}{x - 0,94} = \frac{0,05}{0,01} = \frac{-0,94}{x - 0,94}$$

$$\begin{aligned} 5 &= \frac{x - 0,94}{-0,02} \\ 5x - 4,7 &= \frac{x - 0,94}{-0,02} \\ 5x &= -0,02 \\ 5x &= -0,02 + 4,7 \\ 5x &= 4,68 \\ x &= 0,936 \end{aligned}$$

Untuk menentukan Faktor Penyesuaian Kelandaian (FG) dengan nilai yang telah diperoleh dapat ditentukan menggunakan gambar berikut



garis henti dan kendaraan yang diparkir pada simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_P = [L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g) / W_A] / g$$

Dimana:

$L_P$  = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir

$W_A$  = Lebar pendekat (m)

$g$  = Waktu hijau pada pendekat

Dengan mengambil pendekat Utara pada simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin adalah sebagai berikut

$$F_P = \frac{20 - (6,9 - 2) \times (20 - 23) / 6,9}{30} = 0,794$$

Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT) ditentukan dari rasio kendaraan belok kanan (PRT). Sedangkan faktor penyesuaian belok kiri (FLT) ditentukan dari rasio kendaraan belok kiri (PLT) dalam penentuan nilai rasio ini dapat di lihat pada persamaan dengan menggunakan rumus

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26$$

$$F_{LT} = 1,0 + P_{LT} \times 0,26$$

Dengan mengambil pendekat Utara pada simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin adalah sebagai berikut

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26$$

$$= 1,0 + 1 \times 0,26$$

$$= 1,26$$

$$F_{LT} = 1,0 + P_{LT} \times 0,26$$

$$= 1,0 + 0,42 \times 0,26$$

$$= 1,10$$

Kemudian untuk mendapatkan Arus Jenuh yang disesuaikan dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Dengan mengambil pendekat Utara pada simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin adalah sebagai berikut

$$S_{UTARA} = 2940 \times 1 \times 0,95 \times 0,96 \times 0,79 \times 1,26 \times 1,10$$

$$= 2936$$

**Tabel 3**  
**Faktor Penyesuaian Arus Jenuh Persimpangan**

Pendekat	So	F <sub>CS</sub>	F <sub>SF</sub>	F <sub>G</sub>	F <sub>P</sub>	F <sub>RT</sub>	F <sub>LT</sub>
Utara <sub>LT RT</sub>	2940	1	0,95	0,96	0,79	1,26	1,10
Timur <sub>ST RT</sub>	8160	1	0,95	0,99	0,94	0,288	-
Barat <sub>LT ST</sub>	10902	1	0,95	0,99	0,95	-	0,494

Kemudian dilanjutkan dengan mencari nilai dari rasio fase FR yang mana dengan menggunakan nilai rasio arus jenuh yang telah diperoleh, dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 4**  
**Faktor Penyesuaian Arus Jenuh Persimpangan**

<b>Pendekat</b>	<b>S<sub>0</sub></b>	<b>F<sub>CS</sub></b>	<b>F<sub>SF</sub></b>	<b>F<sub>G</sub></b>	<b>F<sub>P</sub></b>	<b>F<sub>RT</sub></b>	<b>F<sub>LT</sub></b>
Utara <sub>LT RT</sub>	2940	1	0,95	0,96	0,79	1,26	1,10
Timur <sub>ST RT</sub>	8160	1	0,95	0,99	0,94	0,288	-
Barat <sub>LT ST</sub>	10902	1	0,95	0,99	0,95	-	0,494

Kemudian dilanjutkan dengan mencari nilai dari rasio fase FR yang mana dengan menggunakan nilai rasio arus jenuh yang telah diperoleh, dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 5**  
**Rasio Penyesuaian Arus Jenuh**

<b>Kode pendekat</b>	<b>Arus jenuh</b>
Utara <sub>LT RT</sub>	2936
Timur <sub>ST RT</sub>	2093
Barat <sub>LT ST</sub>	4781

Langkah C-5: Rasio Arus/ Rasio Arus Jenuh Rasio Arus

$$FR = Q/S$$

Dimana: Q = Total arus pada masing-masing pendekat

S = Nilai arus jenuh yang disesuaikan

Dengan mengambil pendekat Utara pada simbang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin adalah sebagai berikut

$$FR = 292 / 2119$$

$$= 0,140$$

**Tabel 6**  
**Rasio Arus Persimpangan**

Kode pendekat	FR
Utara <sub>LT RT</sub>	0,140
Timur <sub>ST RT</sub>	0,180
Barat <sub>LT ST</sub>	0,220

Rasio Arus Sempang merupakan penjumlahan dari nilai FR kritis pada setiap fase yang mana dari hasil yang diperoleh  $IFR = (\sum FR_{crit})$

Pendekat dengan nilai FR terbesar pada fase 1 adalah dari Pendekat Utara (U) = 0,140

Pendekat dengan nilai FR terbesar pada fase 2 adalah dari Pendekat Timur (T) = 0,180

Pendekat dengan nilai FR terbesar pada fase 3 adalah dari Pendekat Barat (B) = 0,220

Maka  $IFR = 0,140 + 0,180 + 0,220 = 0,540$

Rasio (FR) adalah perbandingan antara  $FR_{CRIT}$  masing-masing fase dengan IFR

$$PR1 = \frac{FR_{crit}}{IFR}$$

$$PR1 = \frac{0,140}{0,540} = 0,259$$

$$PR2 = \frac{0,180}{0,540} = 0,333$$

$$PR3 = \frac{0,220}{0,540} = 0,407$$

Langkah C-6: Waktu Siklus dan Waktu Hijau, Waktu Siklus sebelumpenyesuaian (cua)

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

$$LTI = \text{waktu hilang total per siklus (det)} = 11 \text{ detik}$$

$$IFR = \text{Rasio Arus Sempang} = 0,540$$

$$\text{Maka, Cua} = (1,5 \times 11 + 5) / (1 - 0,540) = 46,739 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu hijau untuk masing-masing fase dengan menggunakan rumus:

$$gI = (Cua - LTI) \times PRi$$

$$\text{Waktu hijau fase I (gI)} = (46,739 - 11) \times 0,259 = 09,256 \text{ detik}$$

$$= 9 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu hijau fase I (gII)} = (46,739 - 11) \times 0,333 = 11,901 \text{ detik}$$

$$= 12 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu hijau fase I (gIII)} = (46,739 - 11) \times 0,407 = 14,546 \text{ detik}$$

$$= 15 \text{ detik}$$

Maka total waktu hijau  $\sum g = 36 \text{ detik}$

Setelah di peroleh waktu hijau untuk masing-masing fase, selanjutnya mencari waktu siklus (yang disesuaikan) menggunakan rumus:

$$c = \sum g + LTI = 36 \text{ detik} + 11 \text{ detik} = 47 \text{ detik}$$

Langkah D-1 kapasitas Menghitung kapasitas masing-masing pendekat yang dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekat arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin sebagai berikut

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Tiga Lengan Pintu Satu Unhas Dan Simpang Tiga Lengan Abd. Daeng Sirua Serta Penerapan Model Simulasi Berupa Skenario Buka – Tutup Berdasarkan Vissim Dan Mkji

$$C = S \times g / c = 2119 \times 9,256 / 46,703 = 420$$

**Tabel 8**

**Nilai Kapasitas Untuk Tiap Fase Pendekat**

Kode pendekat	Kapasitas (C)
Utara LT RT	714
Timur ST RT	1839
Barat LT ST	3039

Langkah D-2: Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekat arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin

$$DS = Q / C = 292 / 420 = 0,695$$

**Tabel 9**

**Nilai Derajat Kejenuhan Untuk Tiap Fase Pergerakan**

Pendekat	Fase	g (Waktu Hijau)	S	C	DS
Utara LT RT	1	9	2119	46,703	0,695
Timur ST RT	2	12	7215	46,703	0,689
Barat LT ST	3	15	9757	46,703	0,692

Langkah E-1 Perilaku Lalu Lintas Rumus yang digunakan adalah Rasio Hijau dengan menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekat arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin sebagai contoh

$$\begin{aligned} GR &= g / c \\ &= 9,26 \times 46,703 \\ &= 0,20 \end{aligned}$$

**Tabel 10**

**Nilai Rasio Hijau Untuk Tiap Fase Pergerakan**

Kode pendekat	Kapasitas (C)
Utara LT RT	714
Timur ST RT	1839
Barat LT ST	3039

Langkah E-2 panjang antrian jumlah antrian smp yang tersisa dari fase sebelumnya (NQ1), Untuk  $DS > 0,5$  (semua pendekat) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekat arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin

$$\begin{aligned} NQ_1 &= 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \\ NQ_1 &= 0,25 \times 420 \times \left[ (0,695 - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (0,695 - 0,5)}{420}} \right] \\ &= 0,633 \end{aligned}$$

Langkah E-3 jumlah antrian yang datang selama fase merah (NQ2) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekatan arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin

$$NQ_2 = c \times \frac{(1-GR)}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ_2 = c \times \frac{(1-0,200)}{1-0,200 \times 0,695} \times \frac{292}{3600}$$

$$NQ_2 = 3,250$$

Langkah E-4 Jumlah kendaraan antri, dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekatan arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 0,633 + 3,250$$

$$NQ = 4,153$$

**Tabel 11**  
**Jumlah Kendaraan Antri Setiap Fase**

Kode Pendekat	NQ1	NQ2	NQ
Utara <sub>LT RT</sub>	0,633	3,520	4,153
Timur <sub>ST RT</sub>	0,606	14,881	15,487
Barat <sub>LT ST</sub>	0,623	24,754	25,377

Langkah E-5 NQ max, untuk memperoleh nilai NQ max ditentukan dengan menggunakan gambar pembebanan Pol untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih Pol (%). Untuk fase pada persimpangan ini pol yang digunakan sebesar 5%, kemudian setelah nilai untuk NQMAX telah diperoleh yang mana merupakan jumlah kendaraan antri maka nilai panjang antrian (QL) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekatan arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{Masuk}}$$

$$QL = \frac{18 \times 20}{13,6}$$

$$QL = 26 \text{ m}$$

**Tabel 12**  
**Nilai Panjang Antrian Untuk Setiap Fase**

Kode Pendekat	NQ <sub>MAX</sub>	QL
Utara <sub>LT RT</sub>	18	26
Timur <sub>ST RT</sub>	30	122
Barat <sub>LT ST</sub>	24	26

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Tiga Lengan Pintu Satu Unhas Dan Simpang Tiga Lengan Abd. Daeng Sirua Serta Penerapan Model Simulasi Berupa Skenario Buka – Tutup Berdasarkan Vissim Dan Mkji

Langkah E-6 Kendaraan Terhenti, NS (angka henti masing-masing pendekat) yaitu jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhentiberulang dalam antrian) dihitung dengan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekat arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times NQ / (Q \times c) \times 3600 \\ NS &= 0,9 \times 4,15 / (292 \times 46,703) \times 3600 \\ NS &= 0,986 \end{aligned}$$

$$N_{sv} = (\text{Jumlah kendaraan terhenti masing-masing untuk pendekat})$$

Berdasarkan pada persamaan berikut serta pendekat Utara sebagai salah satu contoh untuk mendapatkan jumlah kendaraan terhenti sebagai berikut

$$\begin{aligned} N_{sv} &= Q \times NS \\ N_{sv} &= 292 \times 0,986 \\ N_{sv} &= 287,912 \end{aligned}$$

Angka henti untuk seluruh simpang mencakup pendekat Utara – Timur - Barat ( $NS_{TOTAL}$ ) diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} NS_{TOTAL} &= \frac{\sum N_{sv}}{Q_{total}} \\ NS_{TOTAL} &= \frac{3123,794}{3662} \\ NS_{TOTAL} &= 0,853 \end{aligned}$$

**Tabel 13**  
**Nilai Angka Henti**

Kode Pendekat	NS	NS <sub>v</sub>	NS <sub>TOT</sub>
Utara LT RT	0,986	287,912	0,853
Timur ST RT	0,849	1074,834	0,853
Barat LT ST	0,837	1761,048	0,853

Langkah E-7 Tundaan, dimana tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut serta digunakan pendekat arah Utara pada simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin

$$\begin{aligned} DTi &= c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2 + NQ1 \times 3600}{1-GR \times DS \quad C} \\ DTi &= 46,703 \times \frac{0,5 \times (1-0,20)^2 + 0,633 \times 3600}{1-0,20 \times 0,695 \quad 420} \\ DTi &= 22,783 \end{aligned}$$

Tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang atau ketika diberhentikan oleh lampu merah diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut serta pendekat arah Utara simpang bersinyal tiga lengan pintu 1 Universitas Hasanuddin yang menjadi contoh

$$DG_i = (1 - PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4)$$

Dengan mencari PSV dan PT sebagai berikut

$$\begin{aligned} PSV &= 1 + NQ / c - GR \\ PT &= Q_{LT} + Q_{RT} / Q_{TOTAL} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh dari hasil perhitungan untuk  $DG_i$  untuk pendekat Utara yakni sebagai berikut

$$DG_i = (1 - 0,111) \times 1,000 \times 6 \times (0,111 \times 4)$$

$$DG_i = 5,778$$

Tundaan Rata-rata (det/smp) ( $D_j$ ) =  $DT_i + DG_i$ , untuk pendekat Utara sebagai contoh yakni

$$D_j = 22,783 + 5,778$$

$$D_j = 28,561 \text{ detik}$$

Tundaan Total dalam detik dengan mengalikan tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas ( $D \times Q$ ), kemudian tundaan rata-rata untuk seluruh simpang ( $DI$ ) dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$NSI = (\sum(Q \times D_j)) / Q_{total}$$

Dengan melihat tabel 4.15 rekapitulasi nilai tundaan rata-rata untuk setiap pendekat di simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin

**Tabel 14**

**Nilai Tundaan Rata-Rata Untuk Setiap Pendekat**

Kode Pendekat	Q	D <sub>j</sub>	Q x D <sub>j</sub>	Q <sub>TOTAL</sub>
Utara <sub>LT RT</sub>	292	28,561	8340	264
Timur <sub>ST RT</sub>	1266	18,905	23934	1266
Barat <sub>LT ST</sub>	2104	19,147	40285	2104
$\sum(Q \times D_i)$			<b>72559</b>	<b>3634</b>

Sehingga diperoleh untuk nilai tundaan rata-rata untuk seluruh simpang khususnya simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin sebagai berikut

$$DI = 72559 / 3634$$

$$= 19,967 \text{ detik}$$

Setelah semua tahapan perhitungan menggunakan panduan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) telah dilakukan berdasarkan pengambilan data pada lokasi penelitian. Maka hasil kinerja simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada pintu 1 Universitas Hasanuddin untuk pengoperasian berdasarkan jam puncak pun telah diperoleh, untuk perhitungan sesi lainnya dapat dilihat pada tabel berikut

Berdasarkan tabel rekapitulasi diatas dapat dilihat perolehan waktu siklus pada masing – masing hari untuk setiap sesinya. Dengan demikian hasil kinerja simpang dan waktu siklus untuk setiap harinya telah di ketahui. Kemudian akan ditunjukkan secara jelas dan sederhana dengan penyajian gambar grafik sebagai berikut

Grafik diatas menunjukkan perolehan waktu siklus untuk hari Senin, Jumat dan Minggu. Dengan demikian dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa waktu siklus maksimum terjadi pada hari Jum'at sebesar 48 detik, sedangkan untuk waktu siklus minimum terjadi pada hari Jum'at sebesar 34 detik, Setelah melihat rekapitulasi untuk waktu siklus, maka selanjutnya rekapitulasi untuk kinerja persimpangan dapat dilihat pada penyajian tabel berikut

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Tiga Lengan Pintu Satu Unhas Dan Simpang Tiga Lengan Abd. Daeng Sirua Serta Penerapan Model Simulasi Berupa Skenario Buka – Tutup Berdasarkan Vissim Dan Mkji

Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa, salah satu penyebab terjadinya nilai maksimum terjadi pada pendekat barat dikarenakan pada pendekat Barat memiliki intensitas kendaraan yang lebih besar dari pada beberapa pendekat lainnya. Kemudian untuk rekapitulasi derajat kejenuhan dapat dilihat pada grafik berikut.

Dapat dilihat bahwa derajat kejenuhan maksimum terjadi pada pendekat Utara dengan pergerakan belok kanan dan belok kiri dengan sebesar 0,695 sedangkan derajat kejenuhan minimum terjadi pada pendekat Barat sebesar 0,692.

Setelah semua rekapitulasi diatas berdasarkan hasil analisis dengan pendekatan MKJI 1997 telah diperoleh, kemudian dengan hasil tundaan rata-rata pada simpang tiga bersinyal pintu 1 Universitas Hasanuddin untuk setiap harinya pada tiap sesi waktu telah di ketahui.

Berdasarkan gambar 4.18 Maka dapat dilihat bahwa tundaan rata-rata simpang maksimum terjadi pada hari jum'at sebesar 20,034 det/smp, sedangkan tundaan rata-rata minimum terjadi pada hari Minggu sebesar 13,405 det/smp.

**Kondisi Eksisting Simpang Bersinyal Tiga Lengan Jalan Abdullah Daeng Sirua**

Kondisi eksisting simpang bersinyal tiga lengan Jalan Abd. Daeng Sirua memiliki tiga lengan yakni arah selatan jalan Adyaksa Baru, arah barat jalan Abdullah Daeng Sirua serta arah timur dengan nama jalan yang sama yakni jalan Abdullah Daeng Sirua.

Pada kondisi geometik pada simpang bersinyal tiga lengan yang berada pada jalan Abdullah Daeng Sirua untuk tipe lingkungan jalan pada seluruh pendekat yakni daerah komersial, berupa lahan niaga seperti toko, kantor maupun restoran dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan. Tingkat hambatan samping pada seluruh lengan persimpangan di tingkat sedang, yakni besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar cukup berkurang oleh karena adanya aktivitas disamping jalan atau pada pendekat seperti angkutan berhenti, pejalan kaki berjalan disepanjang atau melintasi lengan persimpangan.

Median terdapat pada hanya pada lengan selatan persimpangan. Adapun belok kiri langsung pada persimpang ini terdapat pada kedua lengan, yakni pada lengan Selatan dan lengan Timur. Untuk kondisi geometrik meliputi lebar lengan persimpangan yakni lebar masuk, lebar keluar dan lebar belok kiri langsung pada simpang dapat dilihat pada tabel 4.23 berikut

**Tabel 4.23** Kondisi Lebar Geometrik Persimpangan Jalan Abdullah Daeng Sirua

Kode Pendekat	Lebar Pendekat (m)			
	Pendekat (W <sub>a</sub> )	Masuk (W <sub>MASUK</sub> )	Keluar (W <sub>KELUAR</sub> )	Belok Kiri Langsung (W <sub>LTOR</sub> )
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
B	6,2	4,25	-	-
S	6,5	4,5	2,00	2.00
T	6,4	4,25	2,15	2.00

Sumber: Hasil Survey Geometrik

Pada Simpang Bersinyal Tiga Lengan Jalan Abdullah Daeng Sirua dimana arah barat yaitu Jl. Abdullah Daeng Sirua – arah Selatan yakni Jalan Adyaksa Baru – Arah Timur Jl Abdullah Daeng Sirua terdapat tiga fase pergerakan lalu lintas yang dimulai dari arah Barat, kemudian di lanjutkan fase berikutnya untuk pendekat Selatan dan terakhir fase ke tiga pada pendekat Timur. Berikut adalah gambar pergerakan fase lalu lintas simpang tiga lengan jalan Abdullah Daeng Sirua. Adapun implementasi fase lalu lintas pada persimpangan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut

Dari gambar 4.20 dapat dilihat bahwa berdasarkan hasil pengamatan pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa fase sinyal dimana fase pertama dimulai dari lengan Barat dengan arah gerakan kendaraan ST - RT, kemudian dilanjutkan dengan lengan Timur dengan arah pergerakan kendaraan ST – LT/LTOR, serta diakhiri dengan lengan Selatan yang memiliki arah gerakan kendaraan RT – LT/LTOR. Adapun kondisi fase lalu lintas pada simpang bersinyal jalan Abdullah Daeng Sirua dapat dilihat sebagai berikut

Dapat dilihat pada tabel 4.24 berdasarkan hasil pengamatan dan pengambilan data pada lokasi penelitian, kondisi eksisting yang ada pada fase pertama (pendekat Barat) memiliki waktu hijau 19 detik, dan waktu merah selama 63 detik. Pada fase kedua (pendekat selatan) memiliki waktu hijau 34 detik, dan merah 50 detik. Pada fase ketiga (pendekat Timur) memiliki waktu hijau 23 detik, dan waktu merah 60 detik. Berikut adalah gambar yang mendeskripsikan waktu sinyal lampu lalu lintas pada simpang tiga Jalan Abdullah Daeng Sirua.

## **Kesimpulan**

Simpang bersinyal tiga lengan pintu satu Universitas Hasanuddin dan simpang bersinyal tiga lengan Jalan Abdullah Daeng Sirua dari hasil uraian di atas, kinerja simpang bersinyal pintu satu Universitas Hasanuddin, dalam kondisi eksisting memiliki tundaan simpang 19,957 detik/smp pada tingkat pelayanan D. Kapasitas lengan Utara 714, Timur 1839 dan Barat sebesar 3039, derajat kejenuhan arah Utara 0,695, Timur 0,689 dan Barat sebesar 0,692. Sedangkan kinerja simpang jalan Abdullah Daeng Sirua dalam kondisi eksisting memiliki tundaan simpang 44,460 detik/smp dengan tingkat pelayanan E. Kapasitas lengan Selatan 270, Timur 459 dan Barat 580, derajat kejenuhan arah selatan 0,811, Timur 0,780 dan Barat 0,784.

Berdasarkan simulasi *software* PTV Vissim dengan penerapan simulasi berupa skenario BUKA - TUTUP pada saat jam puncak simpang Universitas Hasanuddin arah Utara pembatasan jenis kendaraan ringan dan kendaraan berat kedalam simpang. Pendekat Timur pelarangan belok kanan pada semua jenis kendaraan dengan awal tingkat pelayanan D naik ke tingkat pelayanan B, derajat pada arah Utara 0,594 Timur 0,573 dan Barat 0,584. Pada simpang jalan Abdullah Daeng Sirua diterapkan pada pukul 15.00 Wita – 18.00 Wita dengan tingkat pelayanan awal “E”. Hasil *running* yang dilakukan *software* Vissim, tundaan rata-rata (*delay*) untuk seluruh pendekat simpang yakni 39,405 m. Perbandingan sebelum simpang di rekayasa menggunakan dan sesudah di rekayasa berkurang yang awalnya 44,46 m menjadi 39,273 m.

## BIBLIOGRAFI

- Adri, W., Herlina, N., & Hidayat, A. K. (2015). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mitra Batik Kota Tasikmalaya). *Akselerasi*, 1(1), 1–8.
- Aryandi, R. D., & Munawar, A. (2014). Penggunaan Software VISSIM untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta). *FSTPT International Symposium*, 1–10.
- Bimaputra, A., Bemby, W. G. W., K, W., & Wicaksono, Y. I. (2017). Analisis Kinerja Simpang dan Ruas Jalan Di Kawasan Jalan Pahlawan, Kota Bandung. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(3), 1–11.
- Budiman, A., Intari, D. E., & Mulyawati, D. (2016). Analisa Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Boru Kota Serang. *Jurnal Fondasi*, 5(2), 1–11.
- Budi, Setio, Gonzales Sihite, Amelia Kusuma Indriastuti, and Yuli Priyono. 2017. "Perbandingan Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan PKJI 2014 dan Pengamatan Lapangan (Studi Kasus: Simpang Jl. Brigjend Sudiarto/Jl. Gajah Raya/Jl. Lamper Tengah Kota Semarang)." *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Volume 6, Nomor 2 180 – 193
- Candra, F., & Widodo, W. (2017). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI 1997 Dan PTV Vissim (Studi Kasus Simpang Empat Bersinyal Gemangan, Sinduadi, Sleman, Yogyakarta). *Jurnal Fondasi*, 1–17.
- Ginanjar, A., & Farida, I. (2019). Pemodelan Simpang Bersinyal Terhadap Kinerja Simpang Jalan Terusan Pembangunan dan Jalan Proklamasi di Kabupaten Garut. *Konstruksi*, 17, 1–8.
- Girsang, Marissa Octaviany. 2019. Evaluasi Kinerja Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) Menggunakan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia dan Webster. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Iqbal, & Roswita, C. (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Pos Kota Langsa. *Jurnal Ilmiah Jurutera*, 1–4.
- Irawati, I., & Budiningrum, D. S. (2018). Analisis Panjang Antrian Berdasarkan Mikrosimulasi Pada Simpang Bersinyal. *Teknika*, 13(2), 1–6.
- Jaya Wikrama, A. (2011). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15, 1–14.

Andi Muhammad Ifrad

- Khrist, C. J., & Lall, B. K. (2005). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1* (S. . Lemeda Simarmata (ed.); 3rd ed.). Erlangga.
- Lu, M., & Yan, S. (2019). Signal Light Ptimization based on PTV Vissim Software. *Materials Science and Engineering*, 688(4), 1–7.
- Lubis, R. I., & Surbakti, M. S. (2017). Analisa Arus Jenuh Dan Panjang Antrian Pada Simpang Bersinyal Dan Mikrosimulasi Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus : Simpang Hotel Danau Toba Internasional dan Simpang Karya Wisata di Kota Medan). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 6(1).
- Lubis, Mhd. Ihsan Putra. 2017. Analisa Traffic Light (Apill) pada Persimpangan Jalan Tritura (Jalan Bajak) Medan dengan Menggunakan Metode MKJI & Webster (Studi Kasus). Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Nindita, F. A. (2020). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus: Simpang Ngabean Yogyakarta). 1–140.
- Nugroho, U., & Dwiatmaja, G. C. (2020). Bantuan Perangkat Lunak Vissim Student Version. (Studi Kasus : Simpang Sompok , Candisari , Semarang). *Jurnal Teknik Sipil*, 16, 1–21.
- Pehan, Rofinnus Nama, Ircham, and Veronica Diana Anis. 2020. "Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Metode PKJI 2014 (Simpang Jlagran Lor, Yogyakarta)." *EQUILIB*, Volume 01 nomor 02 89 - 98.
- Pratama, C. A., Suyono, R. S., & Azwansyah, H. (2019). Penggunaan Software Vissim Untuk Perencanaan Simpang Jalan Ahmad Yani – Jalan Letjen Sutoyo – Jalan Veteran Di Kota Pontianak. 1–9.
- Risdiyanto. 2014. *Rekayasa dan Manajemen Lalu Lintas: Teori dan Aplikasi*. Tegalrejo: PT Leutika Nouvalitera
- Rusgiyanto, F., Hanafi, Desijayanti, G., & Islami, W. S. (2019). Evaluasi Kinerja Simpang di Kota Cimahi Dengan Metode Simulasi. *Transportasi*, 19, 1–8.
- Rumayar, A. L. E., & Jefferson, L. (2018). Analisa Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Tiga Bersinyal Di Manado ( Studi Kasus : Persimpangan Jalan R . E. Martadinata ). *Jurnal Teknik Sipil Statik*, 6(7), 481–490
- Susilo, B. H. (2015). *Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta : Universitas Trisakti

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Tiga Lengan Pintu Satu Unhas Dan Simpang Tiga Lengan Abd. Daeng Sirua Serta Penerapan Model Simulasi Berupa Skenario Buka – Tutup Berdasarkan Vissim Dan Mjki

Susilo, Budi Hartanto, and Ivan Imanuel. 2018. "Analisis Lalu Lintas Penerapan Sistem Satu Arah di Kawasan Dukuh Atas, Jakarta." *Jurnal Teknik Sipil* Volume 14 Nomor 2

Srie Kusumastutie, N., Rusmandani, P., Kusuma Pradana, M., Pamungkas, W., & Silvi Ersamaulia, M. (2020). Simulasi Penerapan Chicane Dengan Menggunakan Software Vissim. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of RoadSafety)*, 7(1), 1–14.

Suryaningsih, O. F., & Kurniati, E. (2020). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin-Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *Informasi dan Ekspose hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(1), 74–84.

Tamam, M. F., Arief, B., & Rahmah, A. (2016). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Jalan Tegar Beriman – Jalan Raya Bogor). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil, Universitas Pakuan*, 1(1), 1–10.

Widyawan, S., & Rukman. (2019). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal untuk Meningkatkan Keselamatan pada Simpang Depok Kota Depok. *AIRMAN: Jurnal Teknik Dan Keselamatan Transportasi*, 1–16.

Yin, M. (2019). Intersection Signal Timing Optimization based on Webster Timing Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 371, 1–8.

Yulianto, B. (2020). Traffic Management and Engineering Analysis of the Manahan Flyover Area by using Traffic Micro-Simulation VISSIM. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 852, 1–9.

Yulipriyono, E. E., & Purwanto, D. (2017). Perubahan Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang Akibat Perubahan Karakteristik Operasional Kendaraan di Jalan Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(1), 69.

---

**Copyright holder:**

Andi Muhammad Ifrad, Lambang Basri Said, Mukhtar Thahir Syarkawi (2023)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**



